

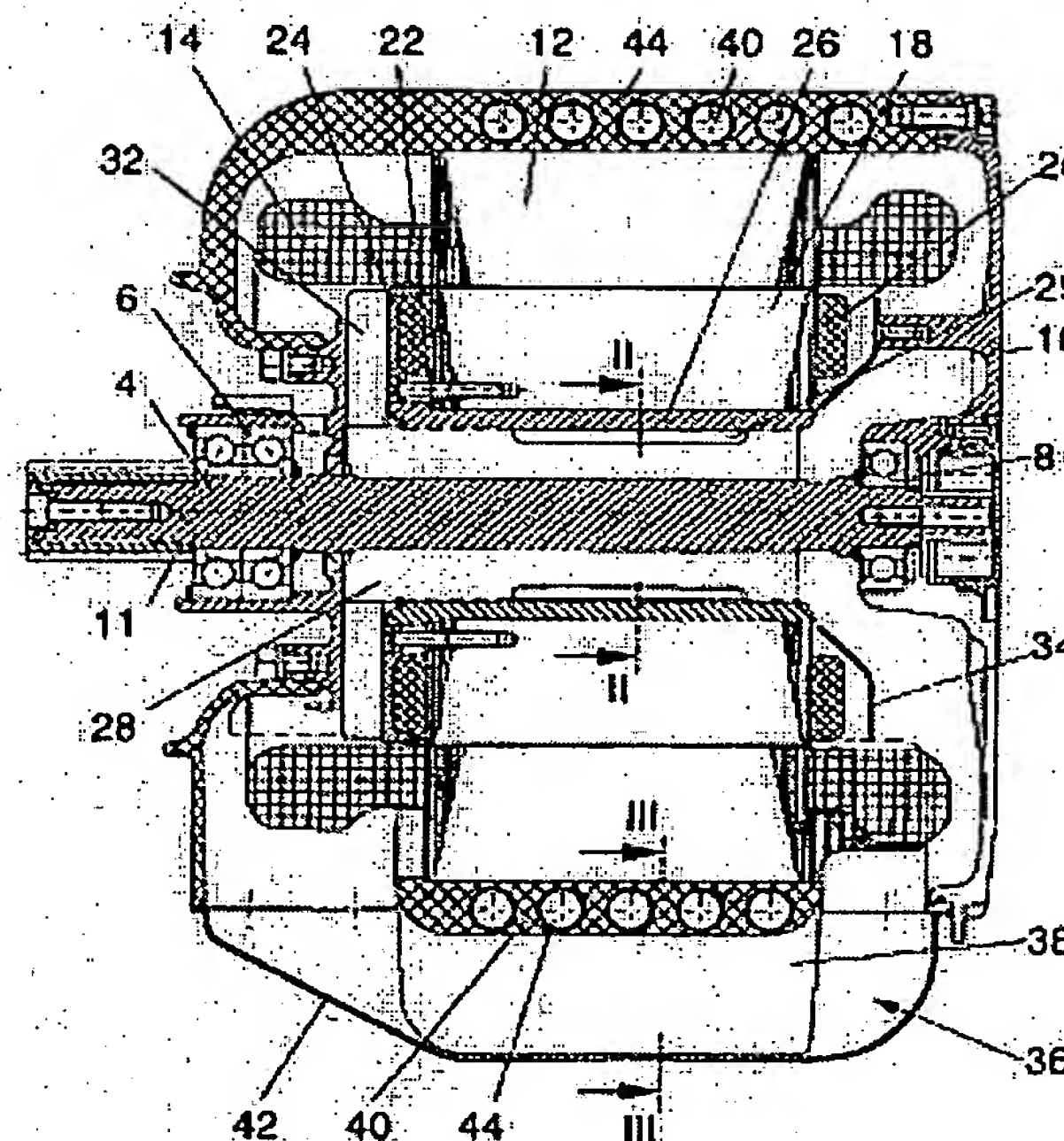
**Electric machine, especially motor for driving vehicle, has external stator, internal rotor, and heat exchanger integrated into electrical machine to cool coolant used in machine**

**Patent number:** DE19905539  
**Publication date:** 2000-08-17  
**Inventor:** BACHMANN MAX (DE)  
**Applicant:** ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN (DE)  
**Classification:**  
- **International:** H02K9/02; H02K9/08; H02K9/19  
- **European:** H02K5/20; H02K9/06; H02K9/08; H02K9/19  
**Application number:** DE19991005539 19990210  
**Priority number(s):** DE19991005539 19990210

**Report a data error here**

**Abstract of DE19905539**

The electric machine has an external stator and an internal, rotatably mounted rotor with a rotor plate packet (18) and a rotor shaft (4) rotationally securely fixed to the rotor plate packet. A heat exchanger (36) is integrated into the electrical machine to cool the coolant used in the machine.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 05 539 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**H 02 K 9/02**  
H 02 K 9/08  
H 02 K 9/19

②① Aktenzeichen: 199 05 539.4  
②② Anmeldetag: 10. 2. 1999  
④③ Offenlegungstag: 17. 8. 2000

DE 199 05 539 A 1

⑦① Anmelder:  
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

⑦② Erfinder:  
Bachmann, Max, 88339 Bad Waldsee, DE

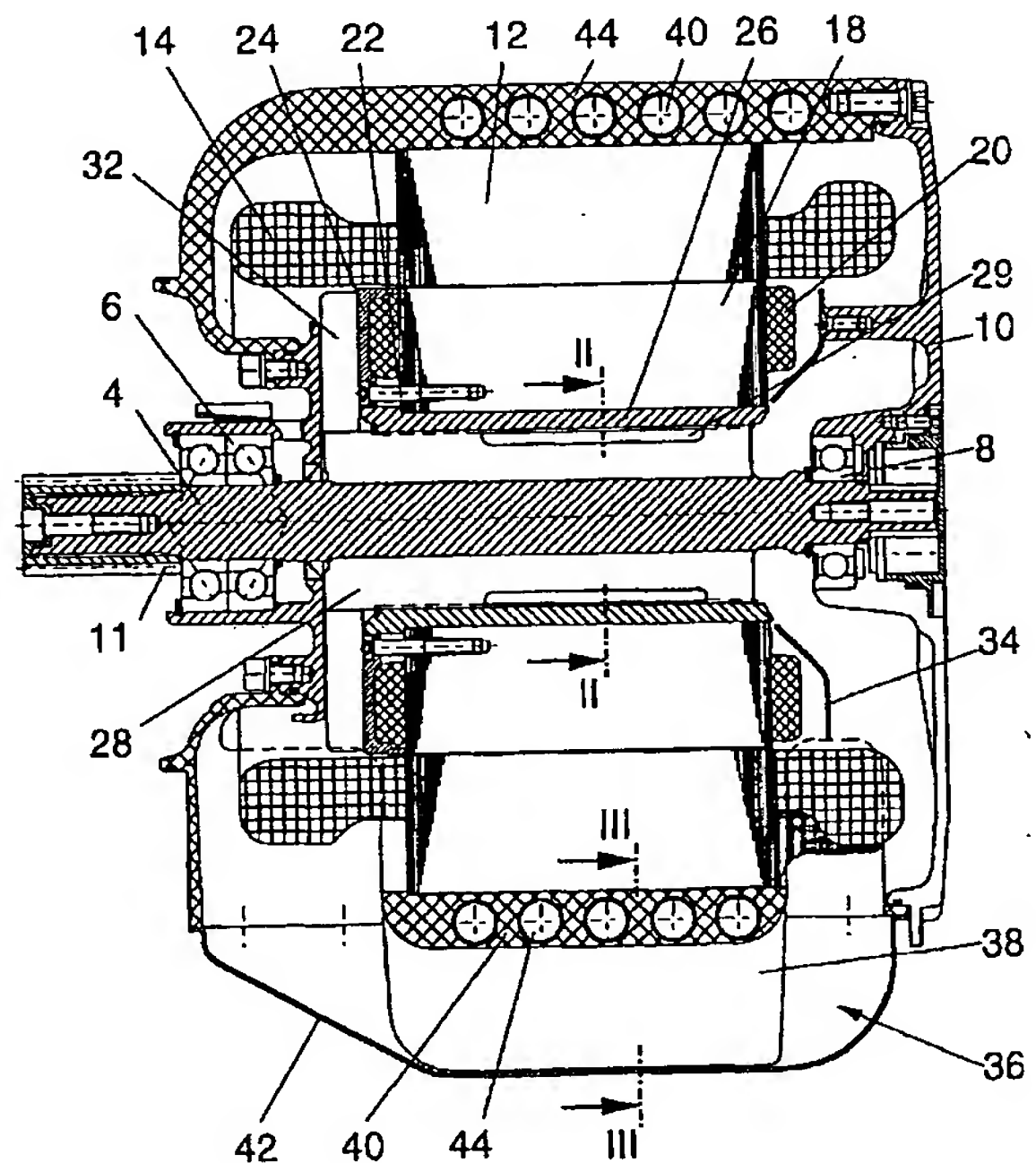
⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE-AS 11 16 797  
DE 196 48 455 A1  
DE 40 32 944 A1  
DE-GM 18 13 190  
DE-GM 18 02 282  
US 24 58 010

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Elektrische Maschine

⑤⑦ Es wird eine elektrische Maschine (2) mit einem außen-  
liegenden Stator und einem innenliegenden, drehbar ge-  
lagerten Rotor vorgeschlagen, der ein Rotorblechpaket  
(18) und eine mit dem Rotorblechpaket (18) drehfest ver-  
bundene Rotorwelle (4) aufweist. Ein Wärmetauscher (36)  
zur Kühlung eines in der Maschine (2) verwendeten Kühl-  
mediums ist in die elektrische Maschine (2) integriert.



DE 199 05 539 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine insbesondere als Elektromotor zum Antreiben von Fahrzeugen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Derartige Maschinen sind häufig Asynchronmaschinen, die mit einem Stator und einem in dem Stator vorgesehenen Rotor ausgebildet sind. Der Rotor wird als Kurzschlußläufer ausgebildet und besteht vorzugsweise aus elektrisch leitfähigem Aluminium, das in Form eines Druckgusses zum Rotor geformt wird. Das Aluminium wird bei der Herstellung in die vom Blechpaket des Rotors gebildeten Nuten eingegossen und an den Stirnseiten des Rotors werden die Aluminiumstränge aus den jeweiligen Nuten zu einem Ring zusammengeschlossen und damit kurzgeschlossen (Kurzschlußkäfig). Die Asynchronmotoren sind vorwiegend hoch ausgenutzte Motoren, deren Wärmeentwicklung eine optimierte Kühlung verlangen.

Eine derartige elektrische Maschine ist beispielsweise aus der EP 0 484 548 B1 bekannt. Die verwendeten elektrischen Maschinen weisen einen innenliegenden Rotor mit Rotorwelle und Rotorblechpaket und einen außenliegenden Stator auf. Die elektrische Maschine ist mit dem Kühlkreislauf des Fahrzeuges verbunden.

Ein besonderes Problem bei der Kühlung derartiger elektrischer Maschinen besteht in der Kühlung von im Inneren der elektrischen Maschine befindlichen Kühlmedien, insbesondere Umluft, das durch die Rotation des Rotors mit an dem Rotor ausgebildeten Flügeln gefördert wird. Meist sind die die Umluft führenden Kanäle zwischen dem Statorblechpaket und dem Gehäuse der Maschine eingebracht, überwiegend eingegossen. Dort erschweren relativ hohe Temperaturen die Kühlung der Umluft. Der Lufteintritt in die meist vielen, kleinen am Umfang verteilten Kanäle ist äußerst widerstandsbehaftet und führt zu einem Drossелеffekt.

Das Kühlmedium Umluft muß effizient an möglichst niedrig temperierten Flächen gekühlt werden. Die Druckverluste in der Zirkulation der Umluft müssen gering gehalten werden bzw. der Volumenstrom muß groß gehalten werden.

Gleichzeitig ist der Transport eines Kühlmediums in der elektrischen Maschine durch die baulich bedingte räumliche Begrenzung erschwert, wodurch die anfallenden Temperaturen insbesondere bei hoch ausgenutzten Maschinen nur schwer aus der Maschine abgeführt werden können.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Maschine aufzuzeigen, die eine verbesserte Kühlung des Kühlmediums ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Erfindung mit den Merkmalen von Anspruch 1. Ausgestaltungen des erfindnerischen Gedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Die von elektrischen Maschinen erzeugte Wärme muß zur Kühlung der Maschine an ein Kühlmedium abgegeben werden, das mit der Maschine in Verbindung bringbar ist. Ein vorteilhaftes Kühlmedium stellt die Luft dar, die ihrerseits mit geeigneten Mitteln wieder rückgeköhlt wird oder sich gegen andere Luft austauscht. Luft ist ein hervorragender Isolator, so daß in der elektrischen Maschine keine besonderen elektrischen Isolationen durchgeführt werden müssen, um die verschiedenen Bauteile der Maschine gegen Kurzschlußprobleme zu schützen, die im Zusammenhang mit dem Kühlmedium auftreten könnten. Um das Kühlmedium in der Maschine sicher zu führen, müssen mögliche Strömungshindernisse weitestgehend vermieden werden.

Erfindungsgemäß wird in einer elektrischen Maschine mit einem außenliegenden Stator und einem innenliegenden, drehbar gelagerten Rotor, der ein Rotorblechpaket und eine

mit dem Rotorblechpaket drehfest verbundene Rotorwelle aufweist, ein Wärmetauscher zur Kühlung eines in der Maschine verwendeten Kühlmediums in die elektrische Maschine integriert. In einer vorteilhaften Ausführung erfolgt die Führung des Kühlmediums in Kanälen mit großen Querschnitten und der Wärmetauscher ist in einem von diesen Kanälen angeordnet.

In weiteren Ausführungen kann der Wärmetauscher Kühlrohre aufweisen, die den Stator umgeben und die Kühlrohre können zur Wärmeübertragung mit Kühlrippen in Verbindung stehen. Eine weitere Ausführung zeigt die Kühlrippen in einem separaten Bauteil angeordnet, das in Form einer Kühlwanne an die elektrische Maschine montierbar ist. Noch eine weitere Ausführung zeigt die Kühlrippen in einem separaten Bauteil angeordnet, das in einer Kühlwanne vorgesehen ist, die an die elektrische Maschine montierbar ist. Eine andere vorteilhafte Ausführung weist in den Kühlrippen Kühlrohre auf, die mit den Kühlrohren, die den Stator umgeben, verbindbar sind. Die Kühlrohre in den Kühlrippen können in einer Ausgestaltung unter einem Winkel zu den Kühlrohren montiert sein, die den Stator umgeben.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung zeigt einen hohl ausgebildeten Rotor, der einen der Kanäle bildet, und in dem zwischen Rotorblechpaket und Rotorwelle das Kühlmedium hindurch geführt werden kann. Eine Ausführung weist Elemente auf zur Unterstützung einer drallfreien Zuführung des Kühlmediums zum Wärmetauscher. Als Kühlmedium wird in vorteilhafter Ausgestaltung Luft verwendet.

Die Erfindung wird anhand von Figuren näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine elektrische Maschine mit sternförmiger Stegwelle;

Fig. 2 einen Schnitt durch Stegwelle und Rotorwelle nach Fig. 1;

Fig. 3 einen Schnitt durch den Wärmetauscher nach Fig. 1;

Fig. 4 eine elektrische Maschine mit sichelförmiger Stegwelle;

Fig. 5 einen Schnitt durch Stegwelle und Blechpaket nach Fig. 4;

Fig. 6 eine elektrische Maschine mit Lüftereinrichtung in der Rotorwelle;

Fig. 7 einen Schnitt durch Stegwelle und Rotorwelle nach Fig. 6;

Fig. 8 eine elektrische Maschine mit schneckenförmiger Stegwelle;

Fig. 9 einen Schnitt durch den Wärmetauscher mit Kühlwanne;

Fig. 10 einen weiteren Schnitt durch den Wärmetauscher mit Kühlwanne;

Fig. 11 einen Schnitt durch die Kühlwanne nach Fig. 9 und

Fig. 12 einen Schnitt durch die Kühlwanne nach Fig. 10.

Die Fig. 1 zeigt eine elektrische Maschine 2 mit einer Rotorwelle 4, die in einer ersten Lagerung 6 und in einer zweiten Lagerung 8 drehbar in einem Gehäuse 10 gelagert ist. Die Rotorwelle 4 weist eine Verzahnung 11 auf, über die die elektrische Maschine 2 mit weiteren und hier nicht gezeigten Elementen des Antriebsstranges zusammenwirkt. In dem Gehäuse 10 ist ein Statorblechpaket 12 angeordnet, durch das die Statorwicklung 14 hindurchragt. Mit einem geringen Luftspalt 16 beabstandet liegt radial innerhalb des Statorblechpakets 12 ein Rotorblechpaket 18, das von Metallstäben 20, vorzugsweise aus Aluminium durchdrungen wird. Eine Kappe 24 ist an dem Rotorblechpaket 18 mit Verschraubungen 22 befestigt. Alternativ können die Metallstäbe 20 auch in das Rotorblechpaket 18 in einem Druck-



gußverfahren eingepreßt werden. Das Rotorblechpaket 18 sitzt auf einer runden, hohlen Zwischenwelle 26 auf. Innerhalb der Zwischenwelle 26 ist die Rotorwelle 4 drehfest angeordnet, beispielsweise mit Preßsitz eingepreßt. Die Rotorwelle 4 kann jedoch unmittelbar in das Rotorblechpaket 18 eingepreßt sein. Die Rotorwelle 4 weist vier Stege 28 auf, die in der Form eines Sternes angeordnet sind (siehe Fig. 2). Die Stege 28 weisen in der hier gezeigten Anordnung Aussparungen 29 auf, so daß die Stege 28 nicht auf ihrer vollen Länge an der Innenwand der hohlen Zwischenwelle 26 anliegen. In den Zwischenräumen 30 zwischen den Stegen 28 kann ein erstes Kühlmedium, vorzugsweise Luft, durch die Zwischenwelle 26 bzw. das Rotorblechpaket 18 gefördert werden. Dazu ist an einem axialen Ende des Rotorblechpaketes 18 ein Lüfterrad 32 angeordnet, das eine Strömung des Kühlmediums hervorruft. An dem anderen axialen Ende des Rotorblechpaketes 18 ist ein Blechring 34 vorgesehen, der das durch einen Wärmetauscher 36 strömende Kühlmedium drallfrei in Richtung auf die Rotorwelle 26 leitet. Der Wärmetauscher 36 weist Kühlrippen 38 (siehe Fig. 3) auf, die das Kühlmedium durchströmt und die in der hier gezeigten Ausgestaltung von dem Gehäuseteil 40 gebildet werden. Die Kühlrippen 38 sind nach außen von einem Deckel 42 begrenzt, der an das Gehäuseteil 40 angeschraubt ist.

In dem Gehäuseteil 40 sind Kühlrohre 44 vorgesehen, durch die ein zweites Kühlmedium strömt. Die vom ersten Kühlmedium im Wärmetauscher 36 über die Kühlrippen 38 auf die Kühlrohre 44 übertragene Wärme wird vom zweiten Kühlmedium von der elektrischen Maschine 2 wegtransportiert. Gleichzeitig kann vom Statorblechpaket 12 Wärme auf die Kühlrohre 44 übertragen werden, wodurch eine Kühlung des Statorblechpaketes 12 erfolgt.

In der in Fig. 4 gezeigten Anordnung weist die elektrische Maschine 2 eine Rotorwelle 4 auf, die drei sichelförmig gebogene Stege 46 besitzt. Die sichelförmig geschwungene Form der Stege 46 erlaubt ein hohes Arbeitsvermögen bezüglich der aufzunehmenden Spannungsenergie beim Einpreßvorgang der Stegwelle 4 in das Blechpaket 18. Dabei können Setzungen und Fertigungstoleranzen egalisiert bzw. aufgefangen werden.

Die Kühlrohre 48 sind in der hier gezeigten Ausführungsform mit einem rechtwinkligen Querschnitt versehen. Die Lagerung 50, die hier als Rollenlager ausgeführt ist, weist hinter einer Kappe 52 ein Fettdepot auf.

In der Fig. 6 befinden sich innerhalb der Zwischenwelle 26 keine Stege, sondern Lüftereinrichtungen 54, wobei in der hier gezeigten Anordnung an jedem axialen Ende der Zwischenwelle 26 eine Einrichtung 54 vorgesehen ist. Der Innenring 56 der Lüftereinrichtung 54 ist über eine Verzahnung 58 drehfest mit der Rotorwelle 4 verbunden (siehe Fig. 7). Der Außenring 60 ist über eine Verzahnung 62 drehfest mit der Zwischenwelle 26 verbunden. Die Flügel 64 der Lüftereinrichtung 54 transportieren das erste Kühlmedium, auch hier vorzugsweise Luft, durch die hohle Zwischenwelle 26 bzw. das Rotorblechpaket 18. Die Berührungsflächen zum Wärmeübergang zwischen Zwischenwelle 26 und Rotorwelle 4 sind hier sehr begrenzt.

Die in der Fig. 8 gezeigte Ausführungsform weist eine Rotorwelle 4 auf, die wie ein Schneckenförderer geformt ist. Die Stege sind schneckenförmig gewunden und können so bei Rotation das erste Kühlmedium durch die hohle Zwischenwelle 26 fördern. Auch hier beschränkt sich die Berührungsfläche zwischen der Zwischenwelle 26 und der Rotorwelle 4 auf quasi linienförmige Berührungsflächen entlang der Stege, so daß der Wärmeübergang weitgehend gering gehalten werden kann. Gleichzeitig kann wie bei allen vorher beschriebenen Ausführungsformen das Material der Rotorwelle 4 so gewählt sein, daß eine schlechte Wärmeleitung

erzielt wird. Als derartige Materialien eignen sich insbesondere hochlegierte Stähle oder Titan.

In den Fig. 9 bis Fig. 12 werden unterschiedliche Ausgestaltungen des Wärmetauschers 36 beschrieben. In der Fig. 9 wird der Wärmetauscher 36 für einen luftgekühlten Motor gezeigt. Die Kühlrohre 44 sind so angeordnet, daß sie nur über einen Teil ihres Umfanges im Gehäuseteil 40 eingebettet sind. Der andere Teil des Umfanges strahlt die vorhandene Wärme in Richtung auf die Kühlrippen 38 ab, die in einer Kühlwanne 66 angeordnet sind, die wiederum von außen gekühlt wird. Die Kühlwanne 66 ist mit dem Gehäuse 10 verbunden. Die Fig. 11 zeigt einen Schnitt durch den Wärmetauscher 36 nach Fig. 9. Die Kühlrohre 44 ragen bis nahe an die Kühlrippen 38 heran, so daß die Wärme gut aufgenommen werden kann. Mit Verschraubungen 68 ist die Kühlwanne 66 an das Gehäuse 10 angeschraubt. Auch in der Fig. 10 sind die Kühlrohre 44 so angeordnet, daß sie nur über einen Teil ihres Umfanges im Gehäuseteil 40 eingebettet sind. Der andere Teil des Umfanges strahlt die vorhandene Wärme in Richtung auf die Kühlrippen 38 ab, die in einer Kühlwanne 66 angeordnet sind. Die Kühlwanne 66 ist mit dem Gehäuse 10 verbunden. Mit den Kühlrohren 44 sind hier in Strichen dargestellte Kühlrohre 70 verbunden, die sich innerhalb des Bereichs der Kühlrippen 38 befinden und diese durchdringen und die die Kühlrohre 44 unter einem Winkel von 90° kreuzen. Dabei durchziehen die Kühlrohre 70 vorzugsweise die Kühlrippen 38 in der Form eines Mäanders und sind am Anfang und Ende mit den Kühlrohren 44 verbunden. Die Kühlrohre 70 können auch von einem niedrig temperierten Kühlmedium durchflossen sein, das von außerhalb des Motors zugeführt wird.

Die Fig. 12 zeigt einen Schnitt durch den Wärmetauscher 36 nach Fig. 10. Die Kühlrohre 44 ragen bis nahe an die Kühlrippen 38 heran, sodaß die Wärme gut aufgenommen werden kann. Die Kühlrippen 38 bilden hier einen separaten Kühler 72, der in der Kühlwanne 66 angeordnet ist. Die Kühlrippen 38 sind von den Kühlrohren 70 in Form einer Kühlturbine durchzogen. Mit Verschraubungen 68 ist die Kühlwanne 66 an das Gehäuse 10 angeschraubt.

Mit gleichbleibend großen und strömungsgünstigen Querschnitten zur Luftdurchdringung können ein großer Volumenstrom und eine große Kühlleistung erreicht werden. Zudem verschafft die erfindungsgemäße Anordnung eine kostengünstige Fertigung. Unter Berücksichtigung der Anschlußmaße kann der Wärmetauscher unabhängig von der elektrischen Maschine variiert werden und unterschiedlichen Ansprüchen angepaßt werden. Eine bauliche Vergrößerung der elektrischen Maschine findet nur lokal und an gewünschter Stelle statt.

#### Bezugszeichen

- 2 elektrische Maschine
- 4 Rotorwelle
- 6 Lagerung
- 8 Lagerung
- 10 Gehäuse
- 11 Verzahnung
- 12 Statorblechpaket
- 14 Statorwicklung
- 16 Luftspalt
- 18 Rotorblechpaket
- 20 Metallstab
- 22 Verschraubung
- 24 Kappe
- 26 Zwischenwelle
- 28 Steg
- 29 Aussparungen

30 Zwischenraum  
 32 Lüfterrad  
 34 Blechring  
 36 Wärmetauscher  
 38 Kühlrippe  
 40 Gehäuseteil  
 42 Deckel  
 44 Kühlrohr  
 46 Steg  
 48 Kühlrohr  
 50 Lagerung  
 52 Kappe  
 54 Lüftereinrichtung  
 56 Innenring  
 58 Verzahnung  
 60 Außenring  
 62 Verzahnung  
 64 Flügel  
 66 Kühlwanne  
 68 Verschraubung  
 70 Kühlrohr  
 72 Kühler

## Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (2) mit einem außenliegenden Stator und einem innenliegenden, drehbar gelagerten Rotor, der ein Rotorblechpaket (18) und eine mit dem Rotorblechpaket (18) drehfest verbundene Rotorwelle (4) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Wärmetauscher (36) zur Kühlung eines in der Maschine (2) verwendeten Kühlmediums in die elektrische Maschine (2) integriert ist. 30
2. Elektrische Maschine (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung des Kühlmediums in Kanälen mit großen Querschnitten erfolgt und der Wärmetauscher (36) in einem Kanal davon angeordnet ist. 35
3. Elektrische Maschine (2) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscher (36) Kühlrohre (44, 48) aufweist, die den Stator umgeben. 40
4. Elektrische Maschine (2) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrohre (44, 48) im Wärmetauscher (36) zur Wärmeübertragung mit Kühlrippen (38) in Verbindung stehen. 45
5. Elektrische Maschine (2) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrippen (38) in einem separaten Bauteil angeordnet sind, das in Form einer Kühlwanne (66) an die elektrische Maschine (2) montierbar ist. 50
6. Elektrische Maschine (2) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrippen (38) in einem separaten Bauteil (72) in einer Kühlwanne (66) angeordnet sind, die an die elektrische Maschine (2) montierbar ist. 55
7. Elektrische Maschine (2) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in den Kühlrippen (38) Kühlrohre (70) vorgesehen sind.
8. Elektrische Maschine (2) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrohre (70) in den Kühlrippen (38) unter einem Winkel zu den Kühlrohren (44, 48) montiert sind, die den Stator umgeben. 60
9. Elektrische Maschine (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor hohl ausgebildet ist und einen der Kanäle bildet, in dem zwischen Rotorblechpaket (18) und Rotorwelle (4) das Kühlmedium hindurch geführt werden kann. 65
10. Elektrische Maschine (2) nach einem der Ansprü-

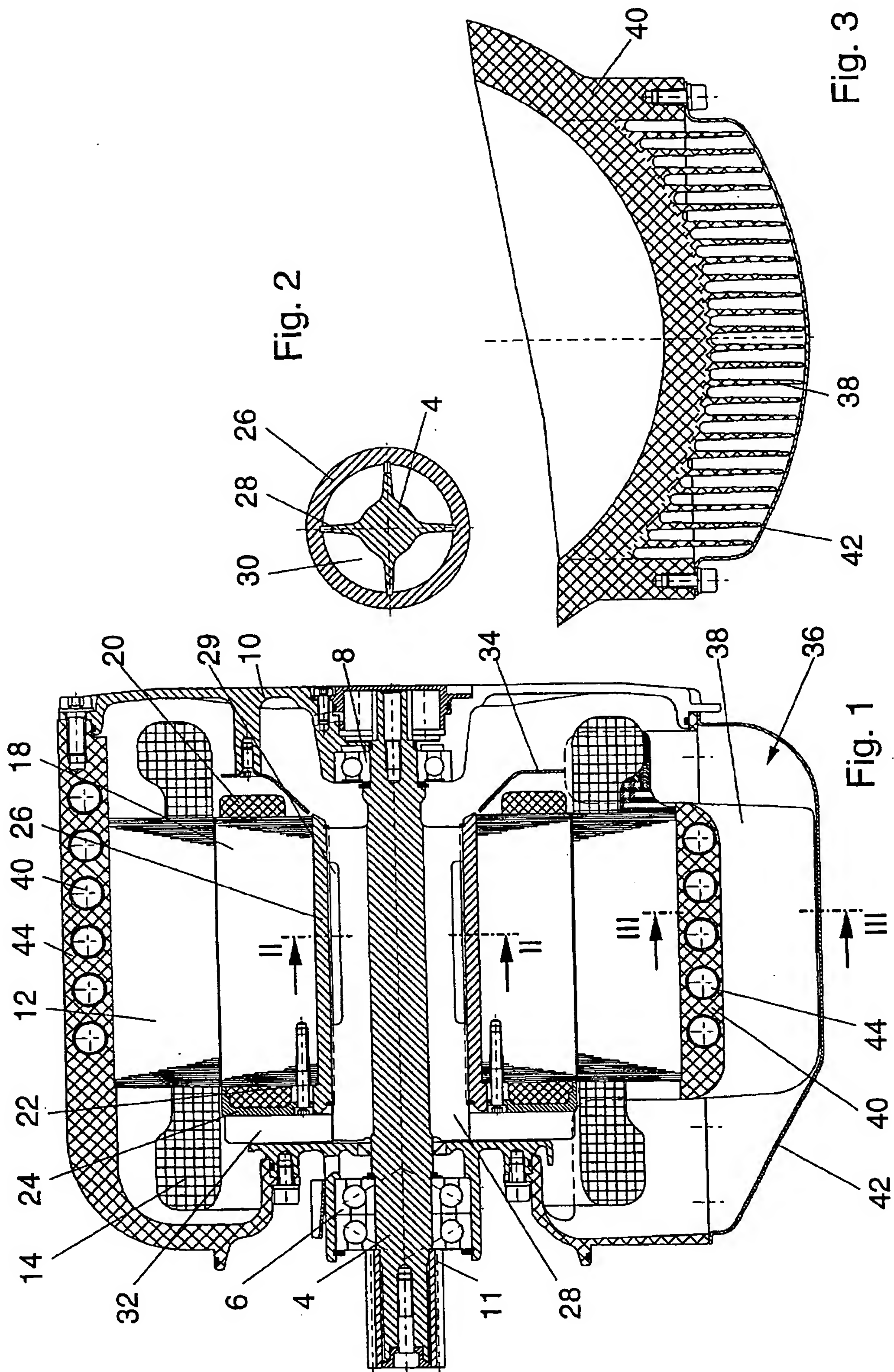
che 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Elemente (34) zur Unterstützung einer drallfreien Führung des Kühlmediums vorgesehen sind.

11. Elektrische Maschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmedium Luft ist.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---



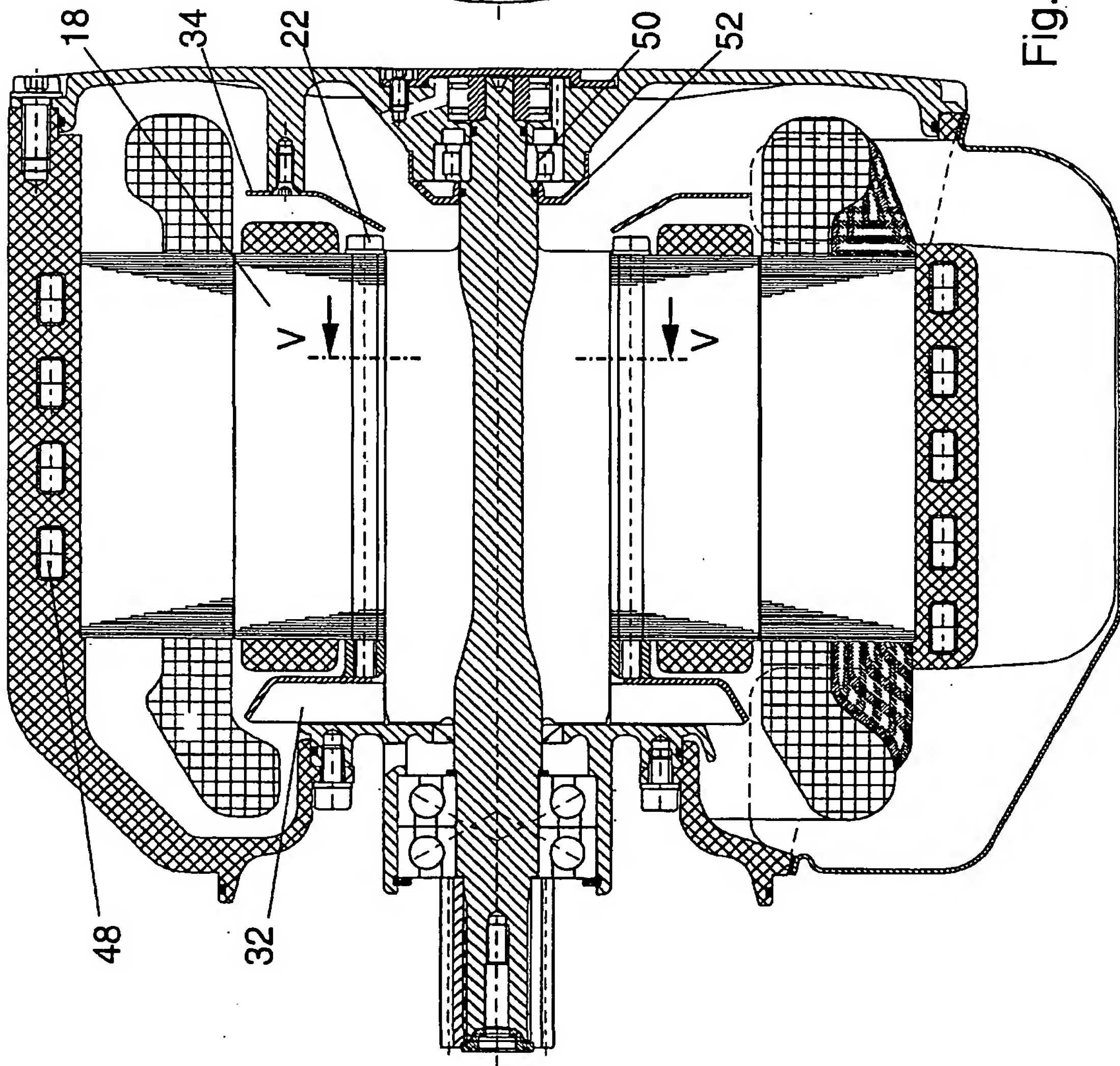


Fig. 4

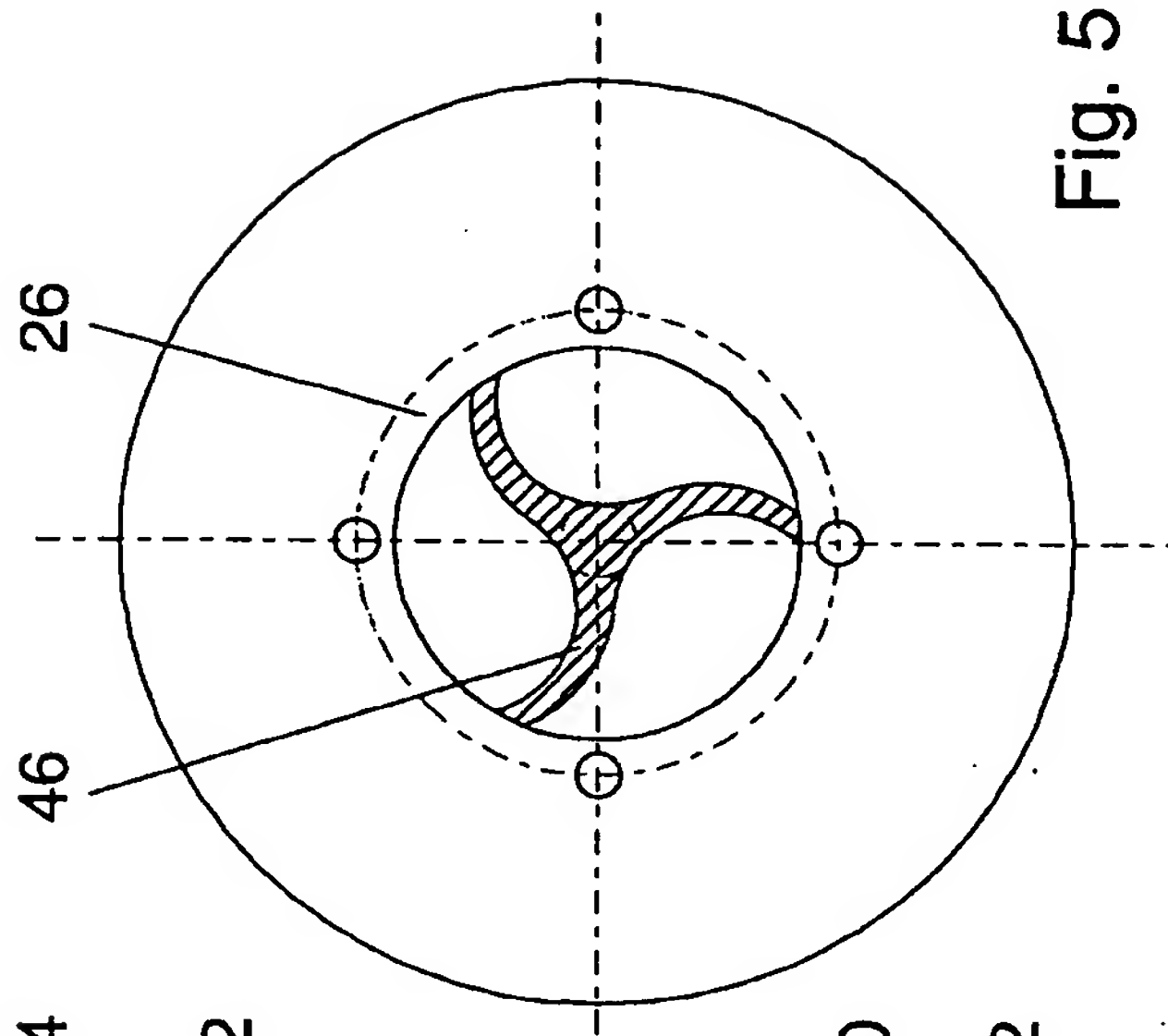
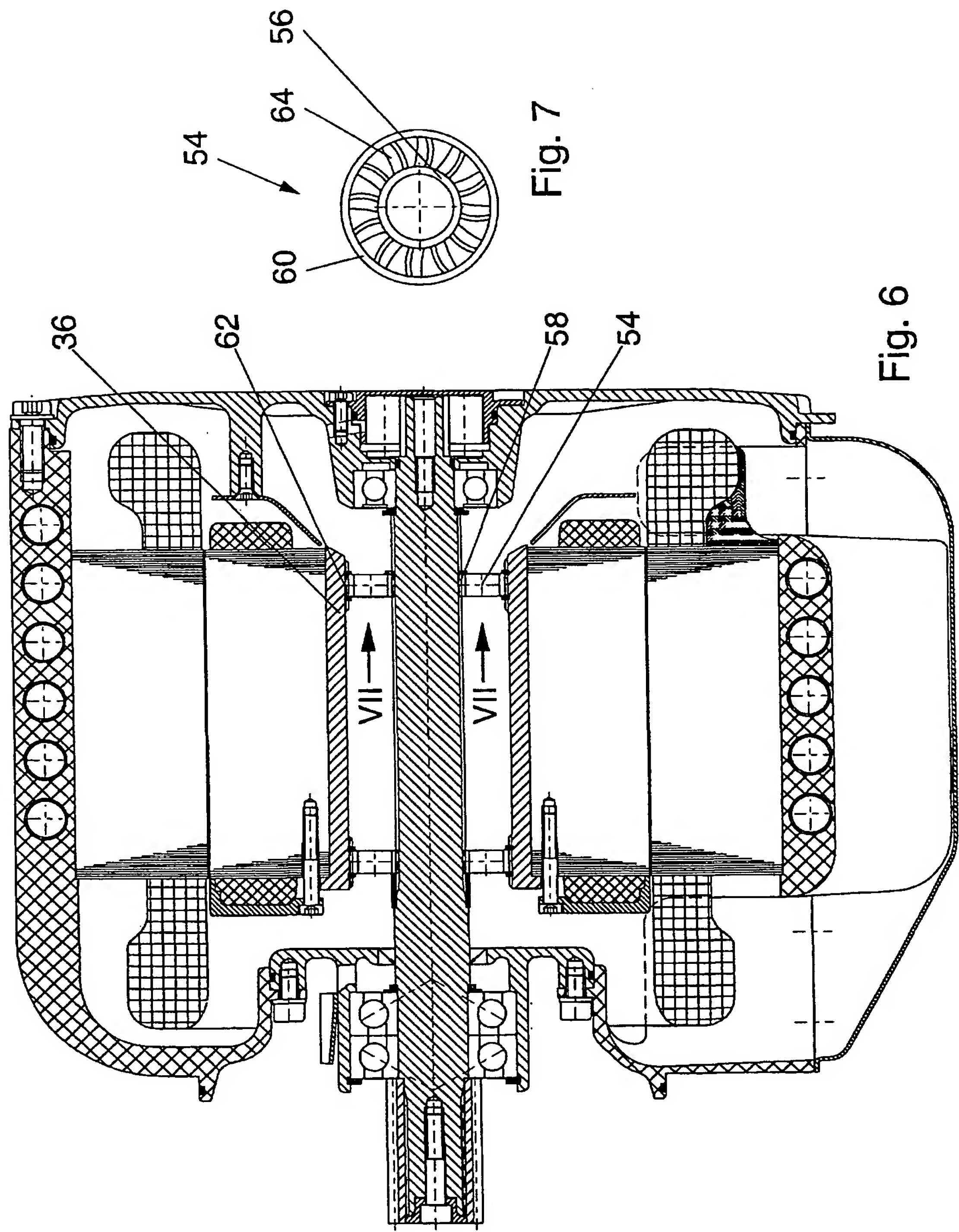
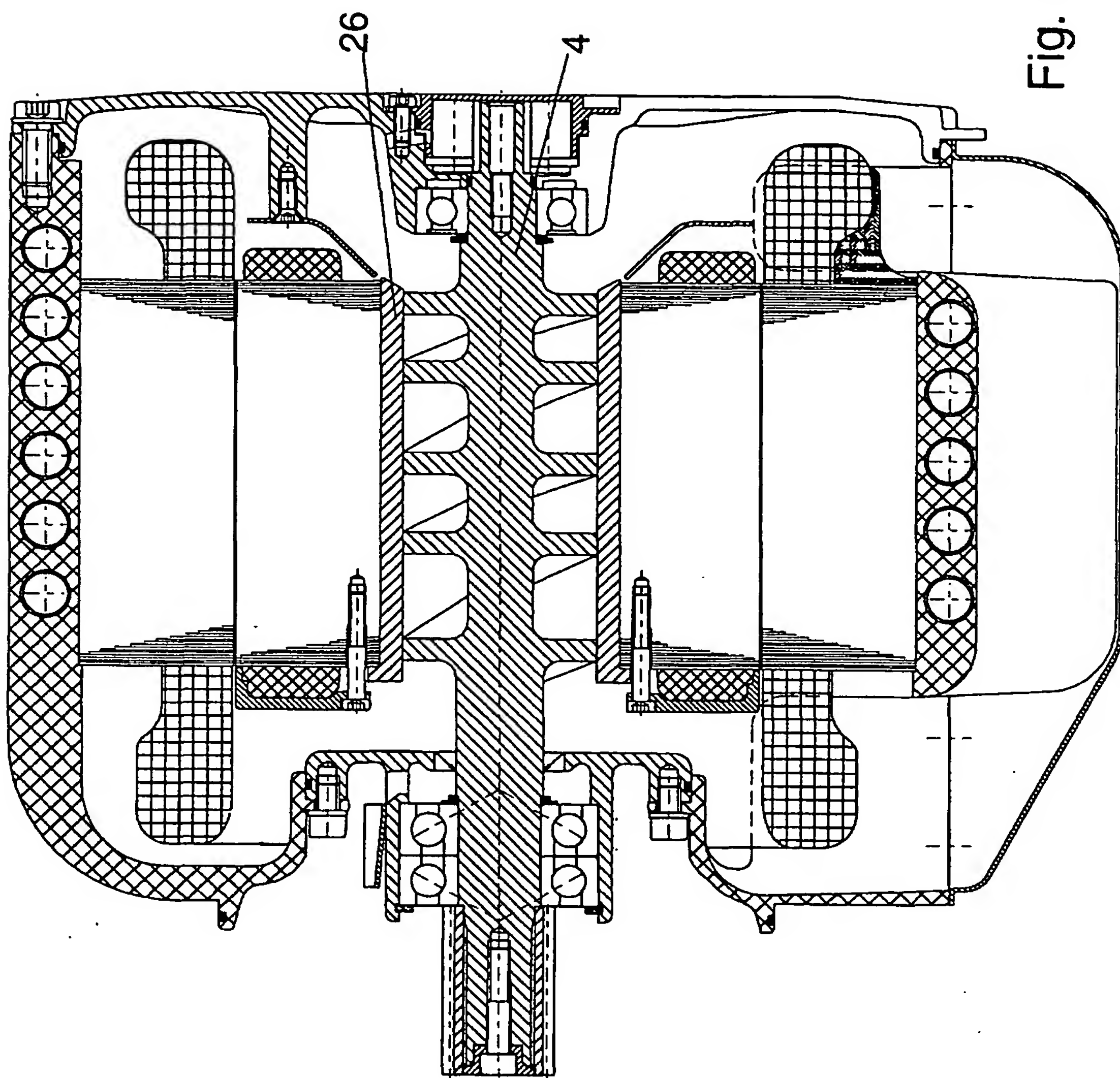


Fig. 5









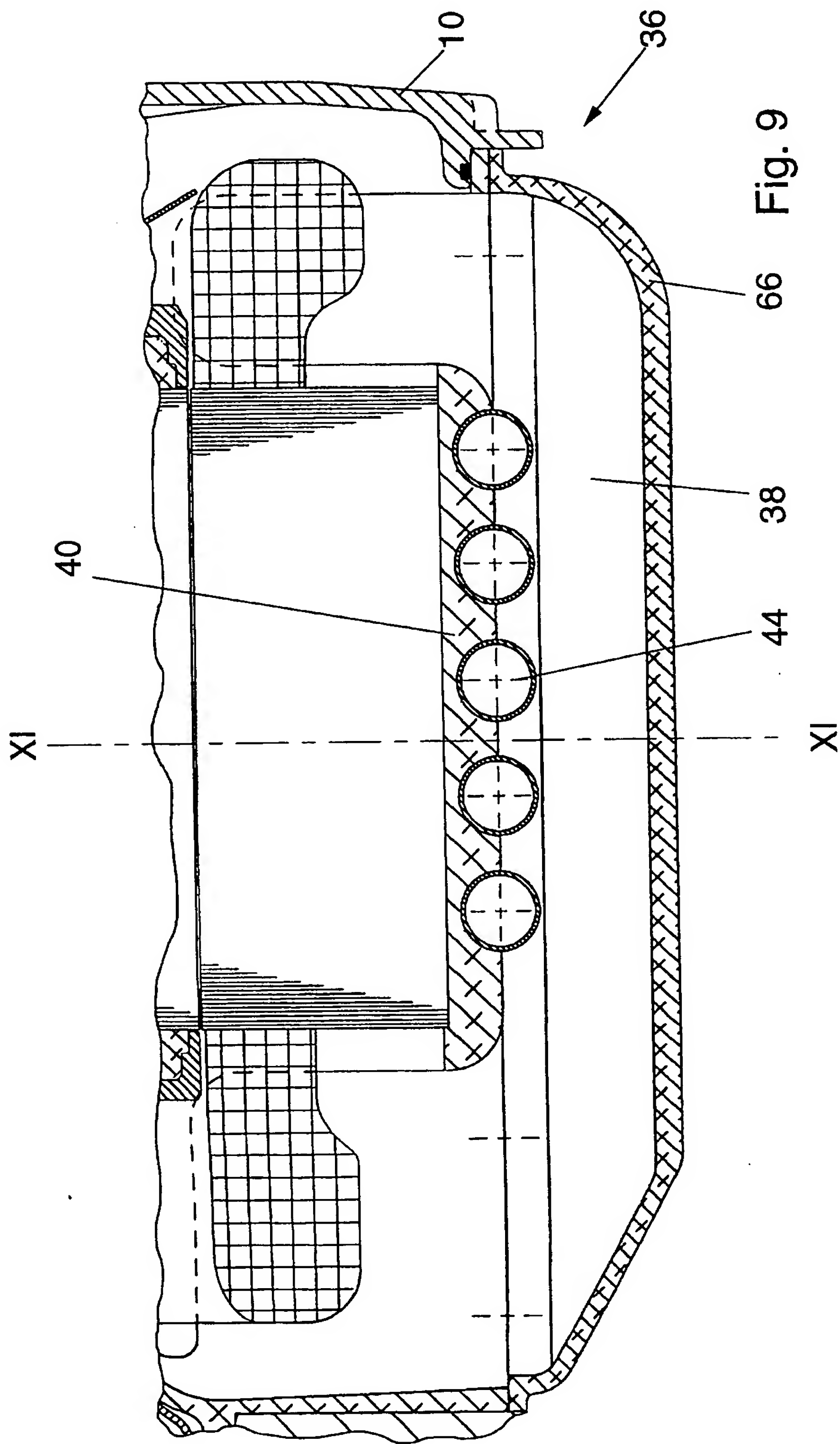


Fig. 9

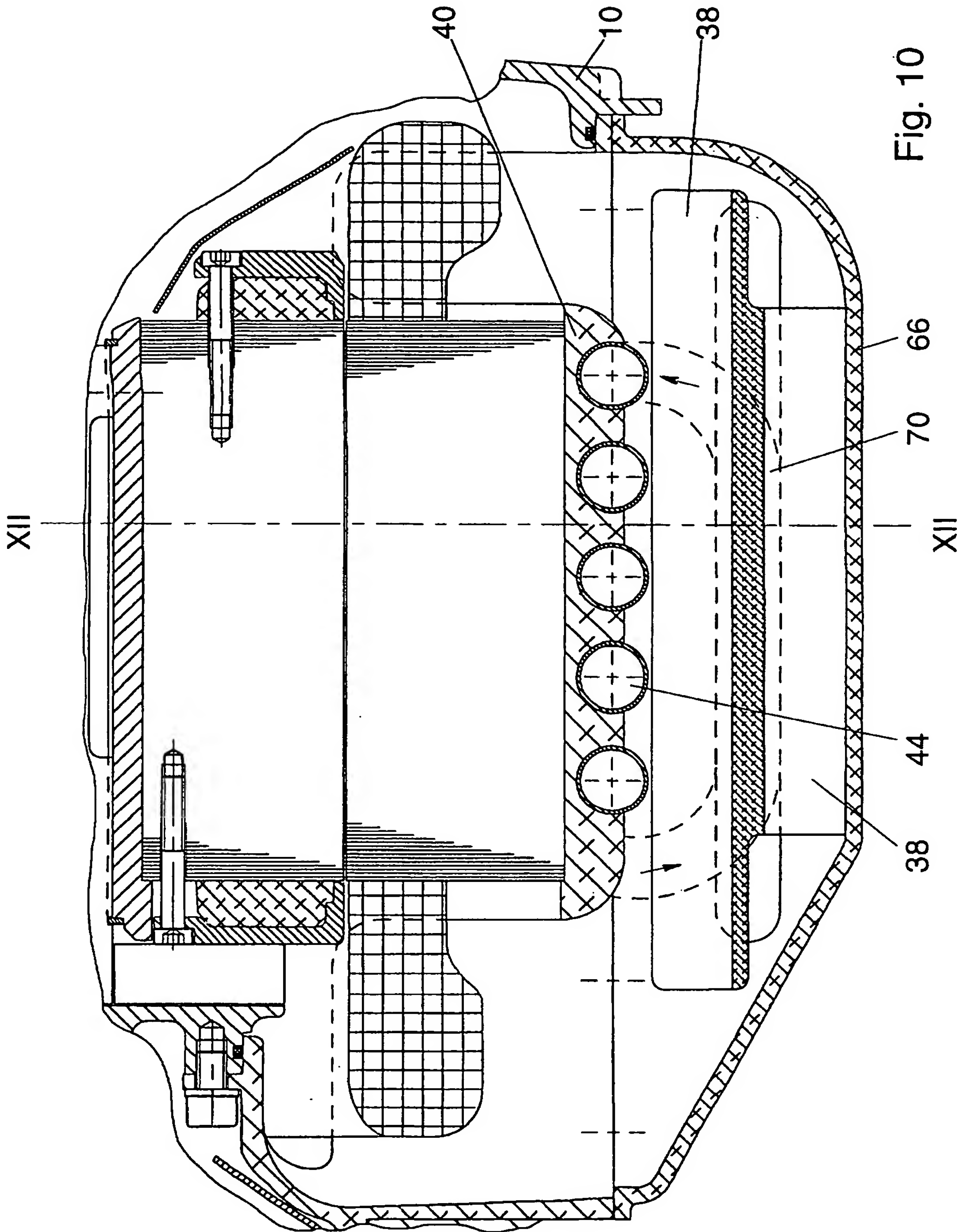


Fig. 10

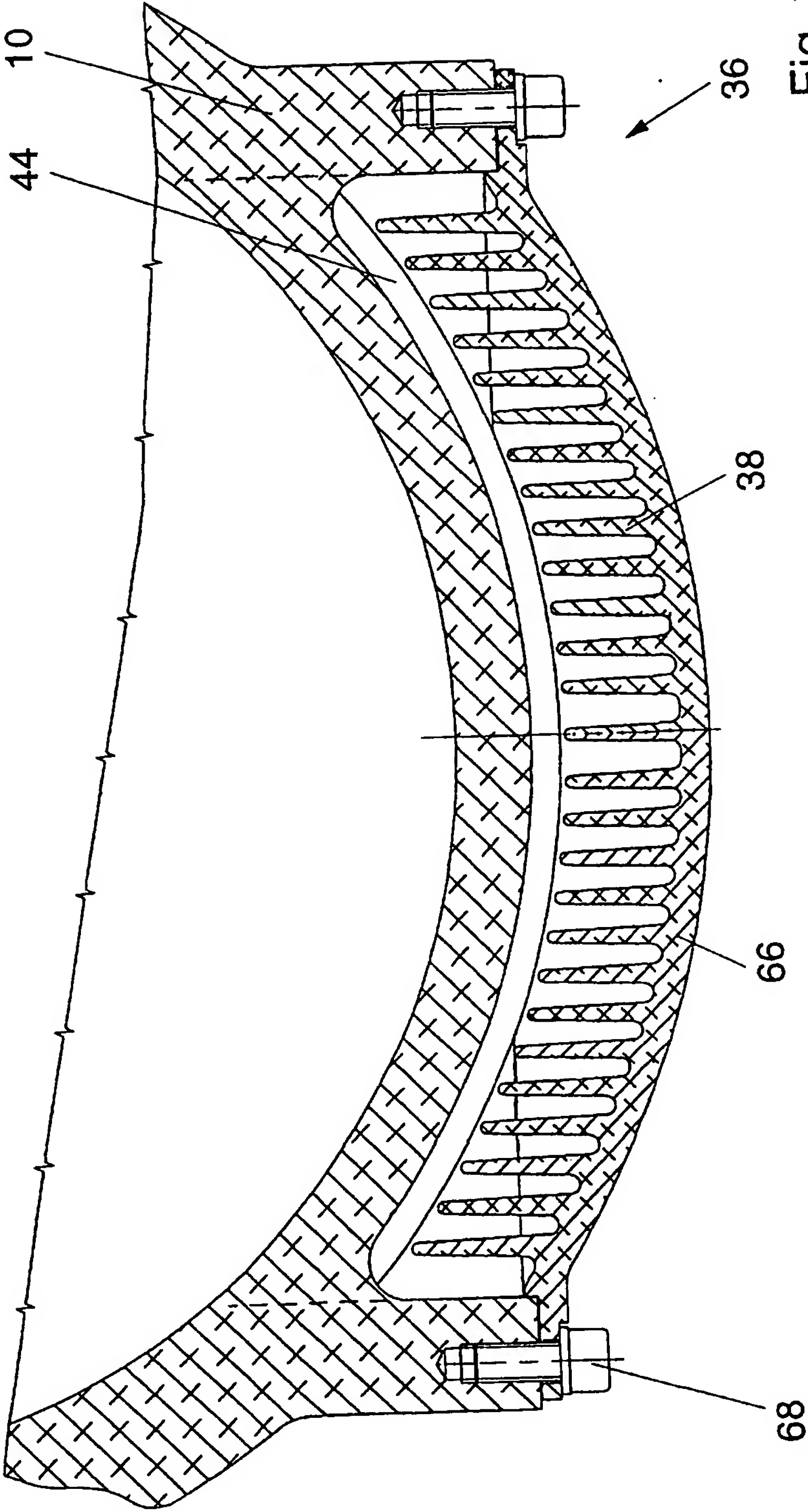


Fig. 11



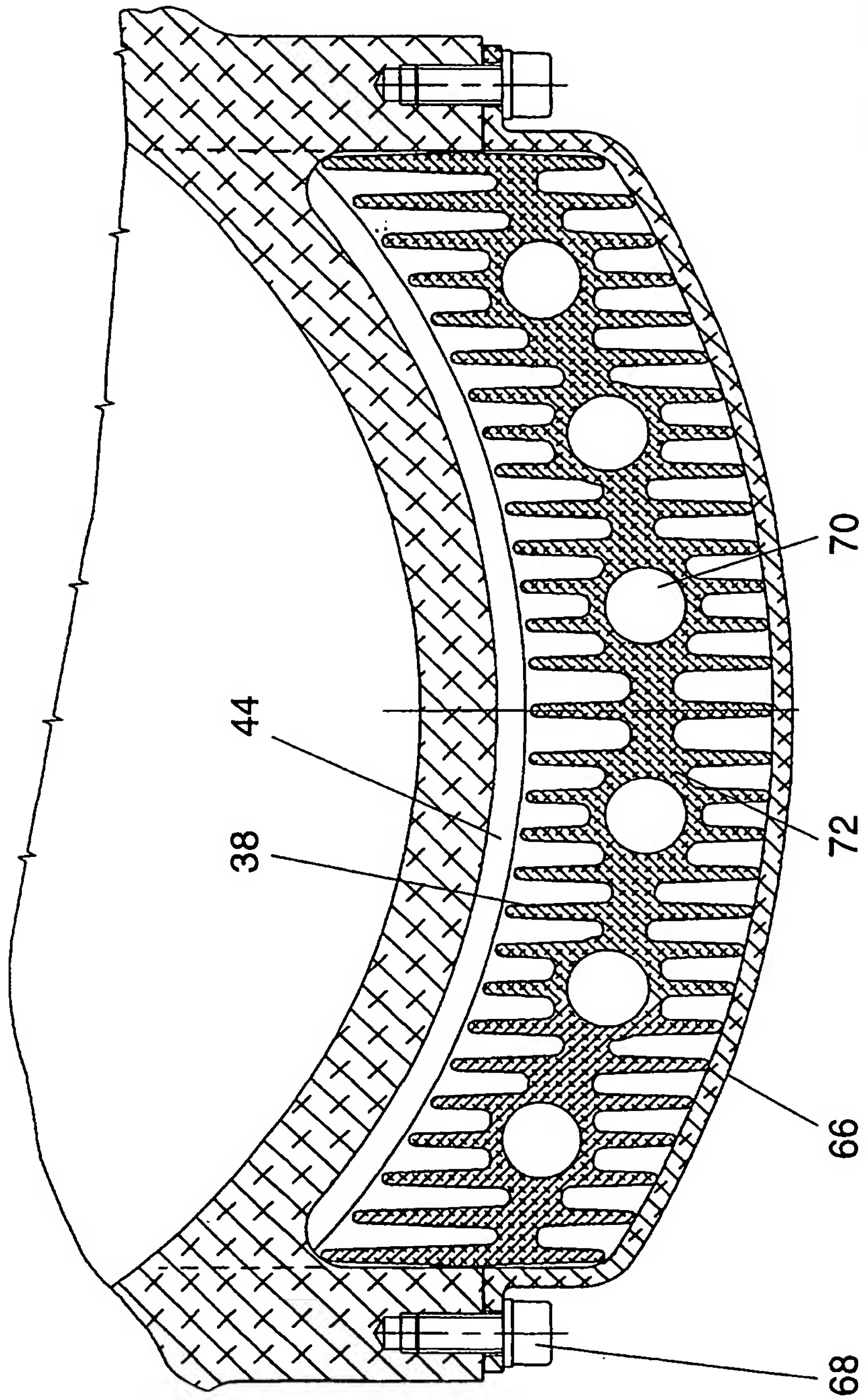


Fig. 12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**